

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
Разработка автоматизированной системы управления станка-качалки			
УДК 681.586-043.61:622.276.53			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ТЗ1	Романова Екатерина Вадимовна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Мамонова Татьяна Егоровна	доцент, к.т.н.		
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	доцент, к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	доцент, к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
Р2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
Р3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
Р4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
Р5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
Р6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
Р7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
Р9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
Р10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
Р11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Трехуровневая структура АС 3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio 4 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 5 Дерево экранных форм 6 SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта 7 Схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013 или по ГОСТ 21.208-2013</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Романова Екатерина Вадимовна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Уровень образования – бакалавр
Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018	Основная часть	60
04.06.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
04.06.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н		

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 70 страниц машинописного текста, 23 таблиц, 20 рисунков, 1 список использованных источников из 13 наименований, 7 приложений.

Ключевые слова: СКН, электродвигатель, электронагреватель, клапан с электроприводом, автоматизированная система управления, ПИД-регулятор, локальный программируемый логический контроллер, коммутационный программируемый логический контроллер, протокол, SCADA-система.

Объектом исследования является станок-качалка-насос.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления станок-качалка-насос с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ПЛК БАЗИС- 100, с применением SCADA-системы GENESIS32

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Содержание

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	9
1 Техническое задание.....	12
1.1 Назначение системы.....	12
1.2 Цели создания системы.....	12
1.3 Требования к техническому обеспечению.....	13
1.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	14
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению	14
2 Основная часть	16
2.1 Описание технологического процесса	16
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	18
2.3 Функциональная схема автоматизации	20
2.4 Разработка схемы информационных потоков	21
2.5 Комплекс аппаратно-технических средств	24
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования	24
2.5.2 Выбор устройств измерения	26
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов	35
2.6 Разработка внешних проводок	38
2.7 Выбор алгоритмов управления АС СКН.....	39
2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений	39
2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования.....	40
2.8 Экранные формы АС СКН.....	44
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	48
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
3.2 Анализ конкурентных технических решений	49
3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	51
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	51
3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	53
3.4 Бюджет научно-технического исследования.....	55

3.4.1 Расчет материальных затрат	55
3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование.....	56
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	56
3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	59
3.4.5 Накладные расходы.....	60
3.5 Определение экономической эффективности исследования.....	61
4. Социальная безопасность	64
4.1 Датчики.....	64
4.2 Контроллер.....	67
4.3 Обеспечение отказоустойчивости системы.....	68
4.4 Интерфейс.....	69
Заключение.....	70
Список используемых источников.....	71

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

автоматизированная система (АС) – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN) – совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

видеокадр: область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

мнемосхема: представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

мнемознак: представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

интерфейс оператора: совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

профиль АС: определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.): набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

технологический процесс (ТП): последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

архитектура автоматизированной системы: набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых komponуется АС.

OPC-сервер: программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

тег: метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска и задания внутренней структуры.

modbus: коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

Обозначения и сокращения

OSI (Open Systems Interconnection) – Эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

PLC (Programmable Logic Controllers) – Программируемые логические контроллеры (ПЛК);

HMI (Human Machine Interface) – Человеко-машинный интерфейс;

OPC (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

IP (International Protection) – степень защиты;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Введение

Многие факторы современной экономической ситуации, например, такие как истощение ресурсов нефтяных пластов, ограниченный объем средств на ремонт скважин, высокая стоимость электроэнергии, а также высокая трудоемкость проводимых работ обуславливают необходимость автоматизации процессов нефтедобычи. Автоматизация – это один из факторов, позволяющих повысить производительность и улучшить условия труда.

Автоматизация скважин, оснащенных штанговыми глубинными насосами (ШГН) заключается в контроле таких технологических параметров, как динамограмма, ваттметрграмма, динамический уровень жидкости, частота качаний, потребляемый ток, давление на устье скважины. Функции управления должны обеспечить дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, периодический режим эксплуатации, аварийное отключение установки, плавное регулирование скорости вращения электродвигателя с помощью преобразователя частоты.

Созданием средств автоматизации ШГН занимаются многие зарубежные и отечественные предприятия: Lufkin Automation (США), НПП «Грант» (Уфа), НПФ «Интек» (Уфа), ООО «Микон» (Н. Челны), ТНПВО «Сиам» (Томск) и другие. Тем не менее, абсолютными успехами в этом направлении не может похвастаться ни одна фирма и объясняется это, прежде всего бурным развитием измерительной, преобразовательной и микропроцессорной техники, предоставляющей разработчикам возможности решения все более и более сложных задач.

В данной выпускной квалификационной работе основной задачей является разработка автоматизированной системы управления станком-качалкой (СК).

1 Техническое задание

1.1 Назначение системы

Основное назначение автоматизированной системы СКН заключается в:

- стабилизации режимов технического процесса с помощью контролирования технологических параметров, визуального представления и подачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы в автоматическом и ручном (выполнение последовательности действий технологом) режимах;
- выявления аварийных ситуаций на технологических узлах посредством проведения опроса датчиков входящих в состав системы в автоматических режимах, а также анализ измеренных значений и переключение технологических узлов в рабочее состояние посредством подачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы в автоматическом или ручном режимах;
- обеспечения автоматизированного контроля, а так же управления в реальном масштабе.

1.2 Цели создания системы

Основные цели создания АСУ ТП:

- обеспечение стабилизации эксплуатационных показателей оборудования и режимных параметров ТП;
- увеличение товарооборота;
- снижение производственных затрат;
- подбор более целесообразных технологических режимов за счёт учета показаний промышленных анализаторов, и оперативной корректировки режима опираясь на данные, полученные в результате проведения лабораторных исследований;

1.3 Требования к техническому обеспечению

Оборудование которое установлено на открытой местности должно выдерживать воздействие температуры от минус 50°C до плюс 50°C и влажности не менее 80% при температуре 35°C.

Автоматизированная система станка-качалки должна иметь возможность наращивания, масштабирования и последующей модернизации всей системы.

Комплекс технических средств АСУ ТП должен обеспечивать реализацию определенных данным ТЗ функций, и при этом в его основе должны лежать следующие специализированные программно-технические комплексы:

- Средства КИПиА, включая исполнительные механизмы, измерительные датчики, микропроцессорные регуляторы;
- Периферийные подсистемы управления на базе микропроцессорных устройств, или контроллеров;
- Многофункциональные станции для операторов и инженеров;
- Системы архивирования данных;
- Сетевая аппаратура;
- Специализированные системы противоаварийной защиты (ПАЗ);
- Метрологические приборы поверки оборудования.

Система измерений должна быть построена исходя из того, что в её основе должны лежать электронные датчики давления, динамометрии, деформации, положения, вязкости нефти. Средства измерения должны передавать информацию, при помощи стандартных сигналов входящих в диапазон 4-20 мА. Датчики, используемые в системе, должны удовлетворять требованиям использования с агрессивными средами. При выборе датчиков рекомендуется отдавать приоритет оборудованию, оснащённому

искробезопасными цепями. В целях обеспечения свободной компоновки каналов ввода/вывода, контроллеры должны быть построены на модульной архитектуре. В случае необходимости получения информации с датчиков, которые находятся во взрывоопасной среде, возможно использование как модулей оснащённых искробезопасными входными цепями, так и внешних барьеров искробезопасности, размещаемых в отдельном конструктиве.

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности резервуара и насосов представляют собой комплекс рекомендуемых и обязательных к осуществлению действий, нацеленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение качества работоспособности и эффективности системы.

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – требования к погрешности измерительных каналов.

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Ваттметрирование	$\pm 2\%$
2	Давление	$\pm 0,1\%$
3	Вязкость	$\pm 1\%$
4	Положение	$\pm 0,75\%$
5	Деформации	$\pm 1\%$
6	Температуры	$\pm 1\%$

1.5 Требования к программному и информационному обеспечению

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя:

- системное программное обеспечение - операционные системы;
- инструментальное программное обеспечение;

- общее прикладное программное обеспечение;
- специальное прикладное программное обеспечение.

Программное обеспечение, которое входит в состав терминала должно иметь русскоязычный интерфейс, лицензионный антивирус, при этом доступ к терминалу возможен только зарегистрированным пользователям, которые прошли аутентификацию.

Также программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- обработку и хранение параметров и данных полученных с датчиков во время протекания технологического процесса;
- отображение мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов в режиме реального времени;
- возможность изменения параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Станок-качалка относится к элементам, которые участвуют в эксплуатации нефтедобывающих скважин с использованием штанговых насосов. К тому же такое оборудование входит в число наземных приводов штанговых глубинных насосов. Специалисты-нефтяники дают ему такое определение, как «индивидуальный балансирный механический привод штангового насоса» или просто «качалка». По принципу действия станок-качалка нередко сравнивают с ручным велосипедным насосом, который преобразовывает возвратно – поступательное движение в воздушный поток. От станка-качалки нефтяной насос преобразует подобные движения в поток жидких углеводородов, которые поступают на поверхность по насосно – компрессорным трубам.

Рассмотрим принцип и последовательность работы станка-качалки. Электродвигатель вращает механизмы станка-качалки, балансир движется по принципу качели в результате подвеска устьевого штока получает возвратно-поступательные движения. Полученная энергия передаётся на стальные стержни (штанги), скрученные друг с другом с помощью специальных муфт. Через эти стальные стержни энергия передаётся штанговому насосу, который начинает качать нефть и подавать её наверх.

На рисунке 1 представлена схема АСУ ТП работы скважины, обустроенной ШГН (обеспечение работы скважины в режиме периодической подачи продукции на поверхность).

Позиция 2 – маслonaполненная печь, предназначенная для подогрева нефти на скважинах с высокой температурой её застывания ($>+ 25^{\circ}$).

качалки, работающий на эффекте Холла; 4 – датчик вязкости (VIR – измерение, регистрация); 5 – электродвигатель СКН; 6 – датчик ваттметрирования (EIRC – измерение, регистрация для контроля энергетических параметров: тока и напряжения электропусковой аппаратуры); 7, 10, 13 – датчик давления (PIRC – измерение, регистрация, управление); 8, 9, 12 – датчики положения электрозадвижек (GA – сигнализация); 11 – термодатчик (TIR – измерение, регистрация); 14 – датчик давления (PIR – измерение, регистрация).

2.2 Разработка структурной схемы АС

Автоматизированная система управления станком-качалкой построена в виде трехуровневой структурной системы. Такая система строится по принципу иерархического распределенного управления.

Трехуровневая структура автоматизированной системы представлена в приложении Б и содержит следующие уровни:

- нижний или полевой уровень содержит первичные датчики, а именно для автоматизированной системы СКН (датчик усилия, датчик деформации, датчик положения, датчик вязкости, датчик ваттметрирования, датчик давления, датчик температуры, газоанализатор), а также приводы запорной и регулирующей арматуры, исполнительные устройства установок и агрегатов;
- средний уровень или контроллерный содержит программируемый локальный контроллер, контуры авторегулирования и стабилизации;
- верхний уровень или информационно-вычислительный содержит контроллер, выполняющий роль концентратора. Также на верхнем уровне располагаются сервера БД и компьютеры оператора АСУ, которые объединены локальной сетью Ethernet. На компьютере оператора АСУ в качестве операционной системы используется Windows 8 и SCADA MasterSCADA.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на контроллерный уровень программируемому логическому контроллеру, который в свою очередь, выполняет следующие задачи:

- собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и информацию о параметрах используемого оборудования;
- автоматизированное управление технологическим процессом;
- выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- обменивается информацией с пунктом управления.

В свою очередь информация с ПЛК передаётся в сеть диспетчерской посредством концентратора, расположенного на информационно-вычислительном уровне, который выполняет следующие задачи:

- собирает данные, поступающие с ПЛК со среднего уровня;
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- поддерживает единое время всей системы;
- синхронизирует работу подсистем;
- организует создание архивов по заданным параметрам;
- обменивается информацией со средним уровнем.

Операторская состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Также в операторской расположен сервер БД. На экранах оператора АСУ отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи. Контроллер среднего уровня и концентратор верхнего уровня

взаимодействуют посредством Modbus. Также используя локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

2.3 Функциональная схема автоматизации

Технический документ, определяющий функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического управления, регулирования и контроля технологического процесса, а так же оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации – это все и есть функциональная схема автоматизации. Системы автоматического регулирования и контроля, дистанционного управления и сигнализации изображаются на функциональной схеме.

Все элементы систем управления показывают в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического управления и контроля содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

В ходе разработки функциональной схемы автоматизации технологического процесса решаются следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- контроль и регистрация технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Согласно заданию разработана функциональная схема автоматизации, которая приведена в приложении В. По ГОСТ 21.208-13 «Автоматизация

технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

На функциональной схеме можно выделить следующие каналы измерения (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 15) и каналы управления (5, 8, 10, 13, 16, 17). Контур 7-8, 9-10, 12-13 предназначены для автоматического поддержания давления в трубопроводе.

Согласно функциональной схеме, с датчиков давления РТ007, РТ010 и РТ013 сигнал передаётся на контроллер. Контроллер в свою очередь сравнивает сигналы, поступившие с датчика, с сигналами, которые заданы, в случае расхождения показаний, контроллер автоматически регулирует положение задвижек для поддержания заданного давления.

2.4 Разработка схемы информационных потоков

В схему информационных потоков входят уровни сбора и хранения информации, их три:

- нижний (уровень сбора и обработки);
- средний (уровень текущего хранения);
- верхний (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне приведены данные с устройств ввода/вывода. В их состав входят данные дискретных сигналов и аналоговых сигналов, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень является буферной базой данных, которая по сути выполняет функции как приемника, запрашивающего данные от внешних систем, так и их источника. Иначе говоря, она представляет собой маршрутизатор информационных потоков от систем автоматики и

телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На данном уровне из ранее полученных данных, контроллер формирует потоки информационных пакетов. Сигналы между контроллерами среднего и верхнего уровней и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, которые передаются в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- нагрузка на шток станка-качалки, Н;
- деформация балансира;
- положение штока установки ШГН;
- вязкость нефти, Па·с;
- ток электропусковой аппаратуры, А;
- напряжение электропусковой аппаратуры, В;
- давление в нефтепроводе, Па;
- угол поворота электрозадвижек, °;
- температура печи, °С;

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB,

где

AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- NAG – нагрузка;
- DEF – деформация;
- POL – положение;
- VYZ – вязкость;
- IU – ток и напряжение;
- UGL – угол поворота;

- ZGZ – загазованность;
- SVT – световая сигнализация;
- SZV – светозвуковая сигнализация;
- SST – состояние.

BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- V-1 – электрозадвижка № 1;
- V-2 – электрозадвижка № 2;
- V-3 – электрозадвижка № 3;
- PEC – маслonaполненная печь;
- KAC – станок-качалка;
- ELE – электропусковая аппаратура;
- VYH – выход продукции скважины;
- SKV – скважина;
- DVG – двигатель СКН.

Знак подчеркивания «_» в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
NAG_KAC	Нагрузка на шток над верхней траверсой станка-качалки
DEF_KAC	Деформация балансира станка-качалки
POL_KAC	Положение штока установки ШГН
VYZ_KAC	Вязкость нефти
SST_DVG	Состояние двигателя
NPR_ELE	Напряжения электропусковой аппаратуры
DAV_V-1	Давление на выходе электрозадвижки V-1
DAV_V-2	Давление на выходе электрозадвижки V-2
DAV_V-3	Давление на выходе электрозадвижки V-3
DAV_VYH	Давление на выходе продукции скважины
TEM_PEC	Температура маслonaполненной печи
UGL_V-1	Угол поворота электрозадвижки V-1

UGL_V-2	Угол поворота электрозадвижки V-2
UGL_V-3	Угол поворота электрозадвижки V-3

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы.

2.5 Комплекс аппаратно-технических средств

В данном разделе осуществлён подбор оптимального по критерию "цена-качество" состава технических средств, необходимых для решения поставленной задачи по автоматизации СКН (приборов, датчиков, исполнительных механизмов, средств сбора и обработки информации, контроллерного оборудования).

При этом в выборе полевых устройств предпочтение у интеллектуальных датчиков с выходным токовым сигналом 4-20мА, корректно работающие с агрессивными средами.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную структуру для возможности последующей модернизации и расширяемости автоматизированной системы.

2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

В качестве контроллерного оборудования были рассмотрены следующие виды контроллеров:

- GE Fanuc серии 90-30;
- Schneider Electric Modicon M238;

В качестве основы для построения системы автоматизированного управления СКН возьмём два ПЛК Schneider Electric Modicon M238 (рисунок 2). Один контроллер будем использовать как локальный, а другой как коммуникационный, при этом связь между ними будет осуществляться на базе интерфейса Ethernet.



Рисунок 2 – Schneider Electric Modicon M238

Основными критериями, по которым был выбран именно данный вид контроллерного оборудования, были:

- Затраты на освоение;
- Затраты на внедрение;
- Затраты на техническую поддержку контроллера;
- Производительность;
- Поддержка сетевых протоколов и форматов данных.

Modicon M238 – контроллер, систем ввода/вывода и специальных модулей, разработанных для решения многочисленных промышленных задач. Данный котроллер исполнен в компактном корпусе (160*120*90 мм), на котором располагаются съемные клеммы входов/выходов, индикаторы состояния контроллера, разъем подключения модулей расширения и порты встроенных интерфейсов. Schneider Electric Modicon M238 содержит двадцать четыре канала дискретного ввода/вывода. Из четырнадцати каналов восемь – быстродействующие и предназначены для выполнения функций быстрого счета с частой до 100 кГц. Из десяти каналов вывода четыре – быстродействующие и предназначены для выполнения функций

рефлексного выхода быстрого счетчика, а так же выполнения функций РТО и ШИМ.

Данный контроллер поддерживает такие протоколы обмена как: CANopen master, Modbus-RTU, AS-interface master, а также обмен по Modbus-TCP через Modbus-Ethernet шлюз. Количество каналов ввода-вывода по желанию может быть увеличено установкой до 7 модулей расширения. По дискретным каналам ввода доступны модули на 24 В пост. тока и 120 В перемен. тока плотностью до 32 каналов на модуль. Выходные каналы есть как транзисторные 24 В пост. тока так и релейные 220 В перемен. тока плотностью до 32 каналов на модуль. Также доступны модули смешанного дискретного ввода-вывода с 8 и 24 каналами на модуль. Блоки расширения аналоговых каналов включают модули для ввода и вывода нормированных сигналов 0-4...20 мА, 0-10 В, а также ввода сигналов с термометров сопротивления и термопар.

Отладка и программирование контроллера M238 производится при помощи ПО SoMachine, которое поддерживает все языки программирования, предписанные стандартом МЭК 61131-3: список инструкций (LI), язык функциональным блок-схем (FBD), язык лестничных диаграмм (LD), язык структурированного текста (ST) и язык последовательных функциональных блоков (SFC). К тому же добавлен язык непрерывных функциональных блоков (CFC). Характерное время выполнения одной булевой инструкции составляет около 1 мкс.

2.5.2 Выбор устройств измерения

2.5.2.1 Выбор датчика усилия

Датчик динамометрии является основным элементом, применяемым для автоматизации СКН, т.к. данный датчик позволяет получить данные для анализа работы объекта и его состояния.

На СКН датчики усилия устанавливаются на следующих позициях:

- 1) непосредственно на самом штоке (накладные датчики);
- 2) между траверсами;
- 3) между верхней траверсой и замками;
- 4) балансир СКН.

Датчики, которые размещены над верхней траверсой, воспринимают нагрузку на шток непосредственно, и, следовательно, обеспечивают максимальную чувствительность определения усилия. В качестве датчика усилия выберем датчик типа «Loadtrol» фирмы «Lufkin» (США), чувствительный элемент которого показан на рисунке 3.

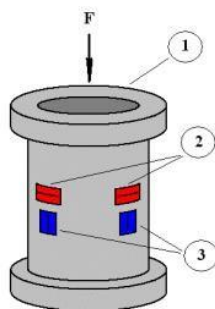


Рисунок 3 – Чувствительный элемент датчика усилия типа «Loadtrol»:

1 – упругий элемент, 2 – поперечные тензорезисторы,
3 – продольные тензорезисторы

2.5.2.2 Выбор датчика деформации

Датчики усилия, которые устанавливаются на балансир, предназначены для измерения деформации балансира. Однако точности измерения таких датчиков недостаточно.

Для увеличения точности измерения деформации воспользуемся датчиком деформации EPSI AX (рисунке 4), который предназначен для измерения продольной деформации различных конструкций под статической или динамической нагрузкой.



Рисунок 4 – Датчик деформации EPSI AX

Основные характеристики выбранного датчика представлены в таблице 3:

Таблица 3 – Основные характеристики датчика деформации

Название характеристики	Значение
диапазон измерения	± 500 мкм/м
чувствительность	250 мкм/м/В
погрешность измерения	$\pm 0,5\%$
выходной сигнал	4-20 мА
материал корпуса	нержавеющая сталь
степень защиты	IP68
диапазон температур эксплуатации	$-40...+70^{\circ}\text{C}$

2.5.2.3 Выбор датчика положения

В качестве датчика положения, устанавливаемого на редуктор станка-качалки, выберем датчик 103SR12-A1 (HONEY) компании Honeywell (рисунок 5), работающий на эффекте Холла.



Рисунок 5 – Датчик положения 103SR12-A1

Датчик положения крепится при помощи кронштейна на редуктор установки ШГН и срабатывает при прохождении мимо него двух магнитов.

Монтируется датчик положения таким образом, чтобы магниты проходили мимо датчика Холла в моменты, когда шток установки ШГН находится в крайних нижнем и (или) верхнем положениях.

Технические характеристики датчика представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики датчика 103SR12-A1 (HONEY)

Характеристика	Значение
Тип выхода	Логический
Магнитная индукция	245...345
Погрешность измерения	$\pm 0,5\%$
Выходной ток, мА	4-20 мА
Напряжение питания, В	6...24 В
Ток потребления, мА	10 мА
Рабочая температура, °С	-40...100 °С

2.5.2.4 Выбор датчика вязкости

В качестве датчика вязкости выберем датчик Aveni Sense DEVIL (рисунок 6), который предназначен для масел и чистой нефти и обладает крепостью и широким диапазоном измерения вязкости. Это единственный встроенный датчик для непрерывного измерения плотности, динамической и кинематической вязкости.



Рисунок 6 – датчик Aveni Sense DEVIL

Преимущества датчика вязкости DEVIL:

- Высокие характеристики при малых размерах
- Технологии MesoScale and Selfbalancit. Конструкция MesoScale® используется для снижения внутреннего объема чувствительного элемента до менее, чем 1 куб./см, обеспечивая свободный и легко очищаемый путь для потока жидкости. Технология Selfbalancit® позволяет делать измерения в соответствии с требованиями ASTM.
- Надежное решение для взрывоопасных сред. Прочная конструкция и простота использования являются ключевыми элементами для обеспечения стабильных метрологических характеристик. DEVIL® изготавливается из коррозионностойких материалов и имеет сертифицированное искробезопасное исполнение.

Технические характеристики датчика вязкости DEVIL представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика вязкости DEVIL

Диапазон измерения плотности	850 kg.m ⁻³ ... 1500 kg.m ⁻³
Диапазон измерения вязкости	0.3 cP ... 400 cP
Диапазон измерения температуры	-40 °C ... 85 °C
Точность измерения плотности:	0.1 %
Точность измерения вязкости	0.8
Точность измерения температуры	0.2 °C
Т°С жидкости:	-40 °C ... 85 °C
Т°С окружающей среды:	-40 °C ... 85 °C
Выходной сигнал	4 - 20mA, HART-протокол
Материал	Нержавеющая сталь 316L, инконель, хастеллой (по желанию)
Степень защиты	IP67

2.5.2.5 Выбор расходомера

В процессе работы СК необходимо следить за расходом откачиваемой нефти. Ниже в таблице 6 приведены характеристики перекачиваемой нефти.

Таблица 6 – Характеристики перекачиваемой нефти

Наименование	Ед. изм.	Кол-во
Плотность нефти	кг/м ³	838
Вязкость нефти при 20 °С	мм ² /с	5.86
Выход фракций, не менее, до температуры 200°С 300°С 350°С	% об.	27 47 57
Массовая доля парафина, не более	% масс.	6
Массовая доля воды, не более	% масс.	0.5
Класс опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76*		3
Предельно допустимая концентрация аэрозоля нефти в воздухе рабочей зоны (при перекачке и отборе проб)	мг/м ³	10
Температура самовоспламенения	°С	250
Рабочее давление в трубопроводе, не более	МПа	6

Для измерения расхода выбрали расходомер Метран-350 на базе ОНТ Annubar (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Расходомер Метран-350

Преимущества данного расходомера:

- Интегральная конструкция исключает необходимость в импульсных линиях и дополнительных устройствах, тем самым сокращая количество потенциальных мест утечек среды;
- Низкие безвозвратные потери давления в трубопроводе сокращают затраты на электроэнергию;
- Многопараметрические преобразователи 3051SMV в составе расходомеров обеспечивают необходимое вычисление мгновенного массового расхода пара, жидкости, газа или объемного расхода газа, приведенного к стандартным условиям;
- Установка расходомера экономична и менее трудоемка по сравнению с установкой измерительного комплекса на базе стандартной диафрагмы.

2.5.2.6 Выбор датчика давления

Для измерения давления в проекте используется датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н (рисунок 8).



Рисунок 8 – датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н

Этот датчик предназначен для постоянного преобразования абсолютного, дифференциального и избыточного давления, а так же избыточного давления разрежения, гидростатического давления в унифицированный выходной токовый сигнал 4...20 мА.

Технические характеристики датчика давления Элемер АИР-20/М2-Н представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики Элемер АИР-20/М2-Н

Абсолютное давление (ДА)	1,0 кПа....6,0 МПа
Избыточное давление (ДИ)	0,16 кПа....60 МПа
Давление-разрежение (ДВ)	0,4 кПа....100 кПа
Избыточное давление-разрежение (ДИВ)	$\pm 0,15$ кПа....($-0,1$ $+2,4$) МПа
Дифференциальное давление (ДД)	0,063 кПа....16 МПа
Глубина перенастройки диапазонов	25:1
Выходной сигнал	4....20 мА + HART
Конфигурирование	клавиатура, HART-протокол
Погрешность	До $\pm 0,1$ %
Климатические исполнения:	-40 $+70$ °С
Пылевлагозащита	IP65

2.5.2.7 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры печи погружная высокотемпературная термопара ТПК 135 (рисунок 9).



Рисунок 9 – Термодатчик ТПК 135

Преобразователи термоэлектрические предназначены для непрерывного измерения температуры жидких, парообразных и газообразных сред.

Термопара типа ТХА состоит из двух спаянных проводников изготовленных из металлов, обладающих разными термоэлектрическими свойствами, на одном из концов.

Спаянный конец, который называют "рабочим спаем", погружается в рабочую, а свободные концы или "холодный спай" подключаются ко входу измерителей, регуляторов.

Если температуры "рабочего" и "холодного" спаев различаются, то вырабатывается термо-ЭДС, которая подается на прибор. Так как термо-ЭДС зависит от разности температур двух спаев датчика, то для получения корректных показаний необходимо знать температуру "холодного спая", чтобы скомпенсировать эту разницу в дальнейших вычислениях.

Основные характеристики датчика, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики датчика

Тип термопары (НСХ)	К (ХА)
Диапазон измерения	-40 ... 1200 °С
Погрешность измерения	±0,75 %
Исполнение рабочего спае относительно корпуса	Изолированный / неизолированный
Диаметр термоэлектрода	3,2 мм
Степень защиты арматуры	IP 67
Условное давление	10 МПа
Межповерочный интервал	2 года
Выходной сигнал	4-20мА с протоколом HART

2.5.2.8 Выбор газоанализатора

В качестве газоанализатора используется Оптимус ИК (рисунок 10) – инфракрасный оптический датчик обнаружения присутствия взрывоопасных газов и предназначен для непрерывного контроля взрывоопасных концентраций метана, пропана, бутана, изобутана, пентана, циклопентана, гексана, пропилена, метанола, этанола, а также паров нефти и нефтепродуктов в области рабочей зоны в пределах от 0 до 100% НКПР.



Рисунок 10 – Газоанализатор Оптимус ИК

В основу действия газоанализаторов Оптимус ИК положен принцип поглощения ИК излучения измеряемыми газами в контролируемой рабочей зоне.

Газоанализаторы Оптимус ИК имеет стандартный выходной токовый сигнал 4-20 мА, цифровой сигнал HART и RS-485 Modbus RTU, реле «сухие контакты», световую LED индикацию и дисплей.

Прочная конструкция Оптимус ИК позволяет эксплуатировать его в экстремальных климатических условиях в агрессивной атмосфере во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Газоанализатор Оптимус ИК работает при температуре от -60°C до $+75^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98%.

2.5.3 Выбор исполнительных механизмов

В качестве исполнительных механизмов выбран клапан с конструкционным типом – клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной типа КМР.

Рассчитаем пропускную способность клапана K_v ($\text{м}^3/\text{час}$), при параметрах, на которых будет работать клапан.

$$Kv = Q_{max} \frac{\sqrt{\Delta p_0}}{\Delta p} * \frac{\sqrt{\rho}}{\rho_0}$$

Где Δp_0 – потеря давления на клапане (ее принимают равной 1 кгс/ см²)

Δp – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

ρ – плотность среды (кг/м³);

$\rho_0 = 1000$ кг/м³ – плотность воды (в соответствии с определением значения Kv).

Исходными данными для расчета пропускной способности являются следующие:

Δp_0 - потеря давления на клапане принята равной 1 кгс/ см²

Δp – изменение давления в трубопроводе 0,5 кгс/ см²

Q_{max} – максимальное значение расхода 10000 м³/ч.

Расчетная пропускная способность клапана должна быть не менее 100 м³/ч.

В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопроводов от расхода жидкости получен присоединительный размер задвижки к трубопроводу - $D_y = 250$ мм.

В данной работе будет использоваться клапан MV54 с электроприводом (рисунок 11).



Рисунок 11 – Регулирующий клапан с электроприводом MV54

Регулирующие клапаны MV54 оснащенные электрическими

приводными устройствами являются средством автоматизации, позволяющим осуществлять автоматическое изменение параметров регулируемой среды по заданному алгоритму. Контроллер получая сигнал от датчиков, работая по заложенному в него алгоритму, изменяет управляющий сигнал, поступающий на исполнительное устройство – регулирующий клапан с приводом, который, в свою очередь, изменяет положение регулирующего органа, изменяет расход или давление рабочей среды.

Регулирующий клапан с электроприводом – стандартное решение для различных технологических процессов, которые могут требовать точное поддержание заданных характеристик и быстрое реагирование на изменение параметров входящей среды.

Таблица 9 – Технические характеристики клапана MV54

Характеристика	Значение
Условный проход	250 мм
Пропускная способность м ³ /ч	200
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Температура регулируемой среды, °С	–40...70
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Сталь 25Л
Уплотнение сальника	PTFE/графит

Для управления клапаном используется электропривод ST 5116 (рисунок 12).



Рисунок 12 – электропривод ST 5116

Технические характеристики привода приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики электропривода ST 5116

Характеристика	Значение
Тип сигнала управления	4–20 мА
DN, мм	250
Число оборотов шпинделя	40
Класс защиты	IP 68
Температурный диапазон, °С	От –45 ... до +70

2.6 Разработка внешних проводок

Схема внешней проводки представлена в приложении Г. Все выбранные выше датчики, а именно датчик усилия Loadtrol, датчик деформации EPSI AX, датчик положения 103SR12-A1, датчик вязкости Aveni Sense DEVIL, датчик ваттметрирования ДВТ-02, датчики давления Элемер АИР-20/М2-Н, а также электропривод клапана ST 5116 имеют унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

Что бы передача сигналов от датчиков давления, расходомеров, амперметров и системы мониторинга на щит КИПиА необходимо использовать по три провода, а для сигнализаторов – два провода. Кабель выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с виниловой изоляцией в полиэтиленовой оболочке, с защитным покровом, предназначенный для неподвижного присоединения к электрическим аппаратам, приборам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

2.7 Выбор алгоритмов управления АС СК

В автоматизированных системах используются разные алгоритмы на различных уровнях управления системой:

- алгоритмы запуска/остановки используемого оборудования, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;
- ПИД-алгоритмы автоматического управления технологическими параметрами используемого оборудования: регулирование положением клапана, регулирование давления, и т. п., реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов, данные алгоритмы представляют собой универсальные, логически завершенные программные блоки, реализуются на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы автоматической защиты, противоаварийная защита, реализуется на программируемом логическом контроллере;
- алгоритмы центрального управления автоматизированной системой, реализуются на программируемом логическом контроллере и SCADA системе;

В выпускной квалификационной работе представлены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений и алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения рассмотрим канал измерения показаний вязкости нефти, которая добывается непосредственно из скважины. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения представлен в приложении Д.

2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Объектом управления является участок трубопровода узла регулирования. В система станок-качалка необходимо поддержание температуры нефти внутри маслонаполненной печи выше 25°C .

На рисунке 13 представлена структурная схема управляющего контура.

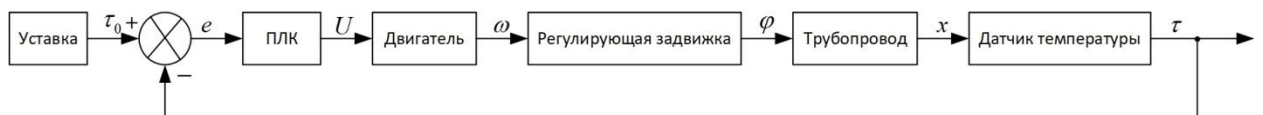


Рисунок 13 – Структурная схема системы

Звенья структурной схемы имеет следующие линейные дифференциальные уравнения:

Исполнительный механизм

$$T_{дв} \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_{дв} U;$$

Задвижка

$$\frac{d\phi}{dt} = K_3 \omega;$$

Трубопровод

$$T_{тр} \frac{dx}{dt} + x = K_{тр} \phi;$$

Датчик температуры

$$\tau = K_d x.$$

Из данных уравнений получим передаточные функции ПФ каждого

звена структурной схемы контура управления:

$$W_{ДВ}(s) = \frac{K_{ДВ}}{T_{ДВ}s + 1} \text{ - ПФ электродвигателя;}$$

$$W_3(s) = \frac{K_3}{s} \text{ - ПФ задвижки;}$$

$$W_{ТР}(s) = \frac{K_{ТР}}{T_{ТР}s + 1} \text{ - ПФ трубопровода;}$$

$$W_Д(s) = K_Д.$$

Расчет параметров трубопровода производится по следующим формулам:

$$T_{ТР} = \frac{2Lfc^2}{Q}, T = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta pg}}$$

В таблице 11 представлены параметры для расчета выражений по формулам.

Таблица 11.

$f, м^2$	0.031416
$d, м$	0.2
$L, м$	3
$Q, м^3/с$	3
$\Delta p, Мпа$	0,16
$g, м/с^2$	9.8
$\gamma, кг/с$	800

Таким образом, после расчета получаем следующую передаточную функцию трубопровода:

$$W_{ТР}(s) = \frac{0.05}{s + 1}.$$

В передаточной функции задвижки $K_3 = 4$ коэффициент преобразование открытия в массовую долю рассчитывается из параметров трубопровода по формуле:

$$K_3 = \frac{q}{\alpha} = 4,$$

где параметры $q = 400$, $\alpha = 100$.

Постоянная времени и коэффициент передачи электродвигателя находятся по формулам:

$$T_{ДВ} = \frac{\omega_H J}{M_K}, K_{ДВ} = \frac{\omega_H}{f_C}.$$

В таблице 12 представлены параметры для расчётов.

Таблица 12.

f_c , Гц	50
ω_H , рад/с	1000
M_K , Н·м	200
J , кг·м ²	0,1

После расчётов получим, что передаточная функция электродвигателя имеет вид:

$$W_{ДВ}(s) = \frac{20}{0.5s + 1}.$$

Коэффициент датчика температуры имеет следующее значение:

$$W_Д(s) = K_Д = 30.$$

После расчетов проведем моделирование в среде Matlab. Получим переходную характеристику системы при уставке в 30°C.

На рисунке 14 приведена схема, смоделированная в Matlab.

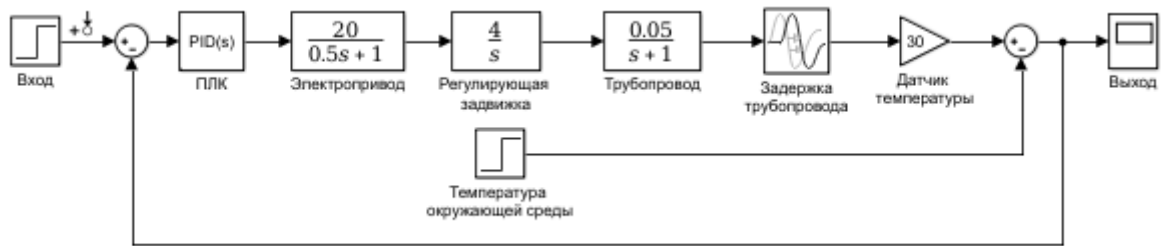


Рисунок 14 – Схема в Matlab

На рисунке 15 представлен переходный процесс системы. Из данного график видим, что при уставке в 30°C заданное значение достигается за 12 секунд. При этом в системе присутствует перерегулирование, которое составляет 3%. Просадка температуры в начале переходного процесса говорит о том, что на систему действует возмущающее воздействие в качестве температуры окружающей среды, которая составляет -10°C.

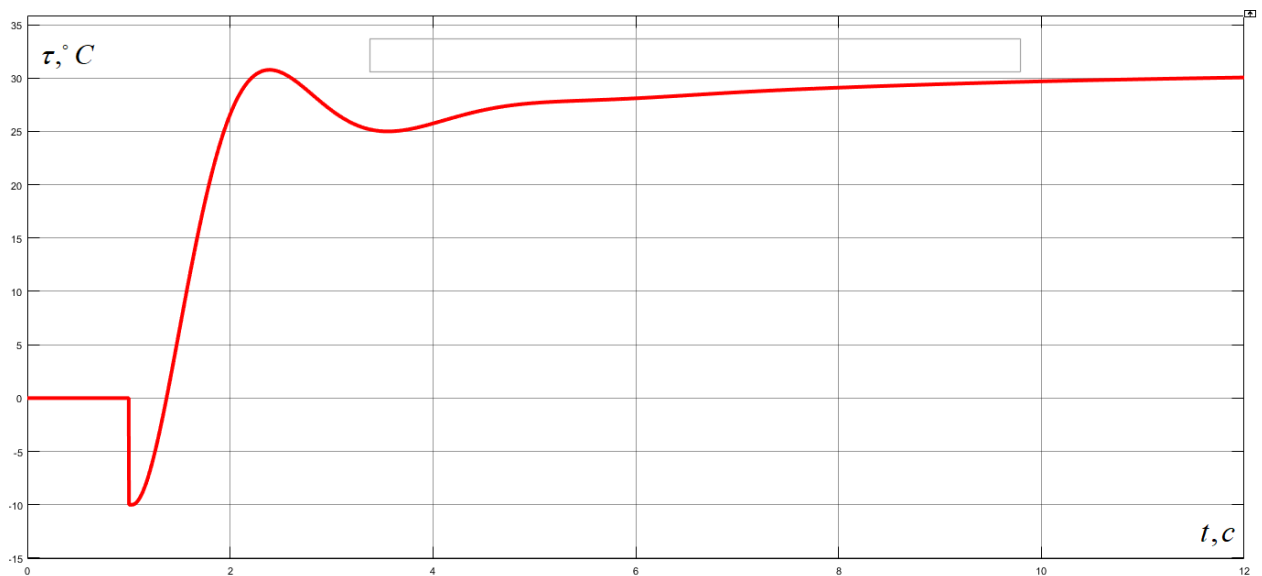


Рисунок 15 – Переходная характеристика системы

Настройка ПИД-регулятора производилась автоматизировано. Коэффициенты ПИД-регулятора представлены на рисунке 16.

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 0.00776603556309471

Integral (I): 0.000125295847228006

Derivative (D): 0.0252292568701499

Filter coefficient (N): 223.098094552088

Tune...

Рисунок 16 – Настройка ПИД-регулятора

2.8 Экранные формы АС СКН

Для разработки экранных форм использована SCADA – система MasterSCADA. MasterSCADA – это программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA). Основными свойствами является модульность, масштабируемость и объектный подход к разработке. Система предназначена для сбора, архивирования, отображения данных, а также для управления различными технологическими процессами.

MasterSCADA позволяет легко решать следующие задачи:

- решить проблемы программной стыковки различных устройств системы управления;
- перераспределять сигналы или алгоритмы их обработки по отдельным устройствам;
- создавать распределенные по устройствам алгоритмы контроля и управления;
- иметь доступ с любого рабочего места к любой информации, имеющейся в системе.

Дерево экранных форм представлено в приложении Е.

При запуске проекта оператору АСУ предлагается авторизоваться в

системе. После корректного ввода логина и пароля, перед оператором открывается основное окно, содержащую упрощённую схему СКН и контроль основных параметров. Из этого окна можно перейти к экранным формам: станок-качалка-насос, электродвигатель, журнал аварий, электронагреватель, журнал событий.

Среда исполнения обеспечивает пользовательский интерфейс оператора-технолога с АСУТП, используя экранные формы и различные элементы управления. Экранные формы позволяют отображать текущую и архивную информацию о технологическом процессе в виде

- мнемосхем
- сообщений
- графиков/трендов
- отчетов (рапортов) оператора различной формы.

Оператору АРМ доступны следующие мнемосхемы:

- электродвигатель;
- станок-качалка-насос (приложение Ж);
- электронагреватель.

На мнемосхеме «станок-качалка-насос» представлена схема работы СКН. Как видно основную часть видеокadra занимает схема, которая содержит оборудование и текущую информацию о его работе в виде цветowych индикаторов и мнемознаков. В самом верху расположена панель на которой отображается название открытой мнемосхемы, кнопки открытия логов и отчётов, текущая дата и время, а также кнопка выхода из системы. Далее расположено меню с имеющимися мнемосхемами, а именно станок-качалка-насос, электронагреватель, электродвигатель. Под меню выбора мнемосхем располагаются цветowe индикаторы загазованности, пожарной и

охранной сигнализации.

Обозначения цветов индикаторов указаны в таблице 13.

Таблица 13 – обозначение цветов индикаторов.

Цветовые индикаторы

Состояние	Цвет заливки
Управление отключено	Серый
Авария	Красный
Задвижка открыта	Зеленый
Задвижка закрыта	Желтый

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т31	Романовой Екатерине Вадимовне

Инженерная школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, составление графика работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка эффективности работы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентных технических решений
2. График проведения работ
3. Бюджет НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Романова Екатерина Вадимовна		

3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.

На сегодняшний день перспективность и актуальность научного исследования оценивается не столько новизной и масштабом данного открытия, определить которое на первых порах достаточно нелегко, сколько коммерческой ценностью этой разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления станка-качалки-насоса (СКН). Автоматизированная система управления СКН позволяет

осуществлять процессы перекачки нефти без непосредственного участия обслуживающего персонала.

В таблице 14 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Томская нефть», «Б» - ОАО «Газпромнефть - Восток», «В» - ЗАО «Микран».

Таблица 14 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Малая	Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	Б, В	Б, В
	Крупная	А, Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- Технические характеристики разработки;

- Конкурентоспособность разработки;
- Уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- Бюджет разработки;
- Уровень проникновения на рынок;
- Финансовое положение конкурентов, тенденции его измерения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 15 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

В данной карте выставляются оценочные баллы, где 5 баллов принимается за наивысший балл, 1 – низший балл.

Таблица 15 – Оценочная карта.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,04	5	1	4	0,2	0,04	0,16
Удобство в эксплуатации	0,05	3	2	4	0,15	0,1	0,2
Помехоустойчивость	0,06	2	3	2	0,12	0,18	0,12
Энергоэкономичность	0,08	3	4	2	0,24	0,32	0,16
Надежность	0,12	5	2	5	0,6	0,24	0,6
Уровень шума	0,04	2	2	2	0,08	0,08	0,08
Безопасность	0,12	5	3	5	0,6	0,36	0,6
Потребность в ресурсах памяти	0,04	2	5	3	0,08	0,2	0,12

Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	2	2	1	0,04	0,04	0,02
Простота эксплуатации	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Качество интеллектуального интерфейса	0,06	4	0	4	0,24	0	0,24
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	5	0	5	0,15	0	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,02	2	1	3	0,04	0,02	0,06
Уровень проникновения на рынок	0,02	1	5	3	0,02	0,1	0,06
Цена	0,05	3	5	1	0,15	0,25	0,05
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
Финансирование научной разработки	0,02	2	1	1	0,04	0,02	0,02
Срок выхода на рынок	0,03	2	4	5	0,06	0,12	0,15
Наличие сертификации разработки	0,03	1	3	5	0,03	0,09	0,15
Итого:	1	63	52	67	3,64	2,67	3,61

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: повышение производительности, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер
Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	Научный руководитель, инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	
	7	Выбор архитектуры АС	Научный руководитель, инженер
	8	Разработка структурной схемы АС	Научный руководитель, инженер
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	Инженер
	10	Выбор средств реализации АС	Инженер
	11	Разработка схемы соединения внешних проводок	Инженер
	12	Выбор алгоритма управления АС	Научный руководитель, инженер

	13	Разработка экранных форм АС	Научный руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

3.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} ,$$

Где T_{ki} - продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнений i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} ,$$

Где $T_{\text{кал}}$ - календарные дни ($T_{\text{кал}}=365$);

$T_{\text{вых}}$ - выходные дни ($T_{\text{вых}} = 52$);

$T_{\text{пр}}$ - праздничные дни ($T_{\text{пр}} = 12$).

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1.213$$

В таблице 17 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 17 – Временные показатели проведения работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					T_{Pi}		T_K	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	3	5	3,8	3,8	—	5	—
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	10	13	11,2	5,6	5,6	7	7
Проведение патентных исследований	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Описание технологического процесса	НР, И	15	18	16,2	8,1	8,1	10	10
Разработка функциональной схема автоматизации	И	20	24	21,6	—	21,6	—	26
Выбор архитектуры АС	НР, И	5	7	5,8	2,9	2,9	3	3
Разработка структурной схемы АС	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	2	2
Разработка схемы информационных потоков АС	И	4	6	4,8	—	4,8	—	6
Выбор средств реализации АС	И	2	3	2,4	—	2,4	—	3
Разработка схемы соединения внешних проводок	И	1	3	1,8	—	1,8	—	2
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка экранных форм АС	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	6	4,2	—	4,2	—	5
Итого	НР, И				29,9	60,9	37	74

На основе таблицы 17 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. На рисунке 17 приведен календарный план-график за период времени дипломирования.

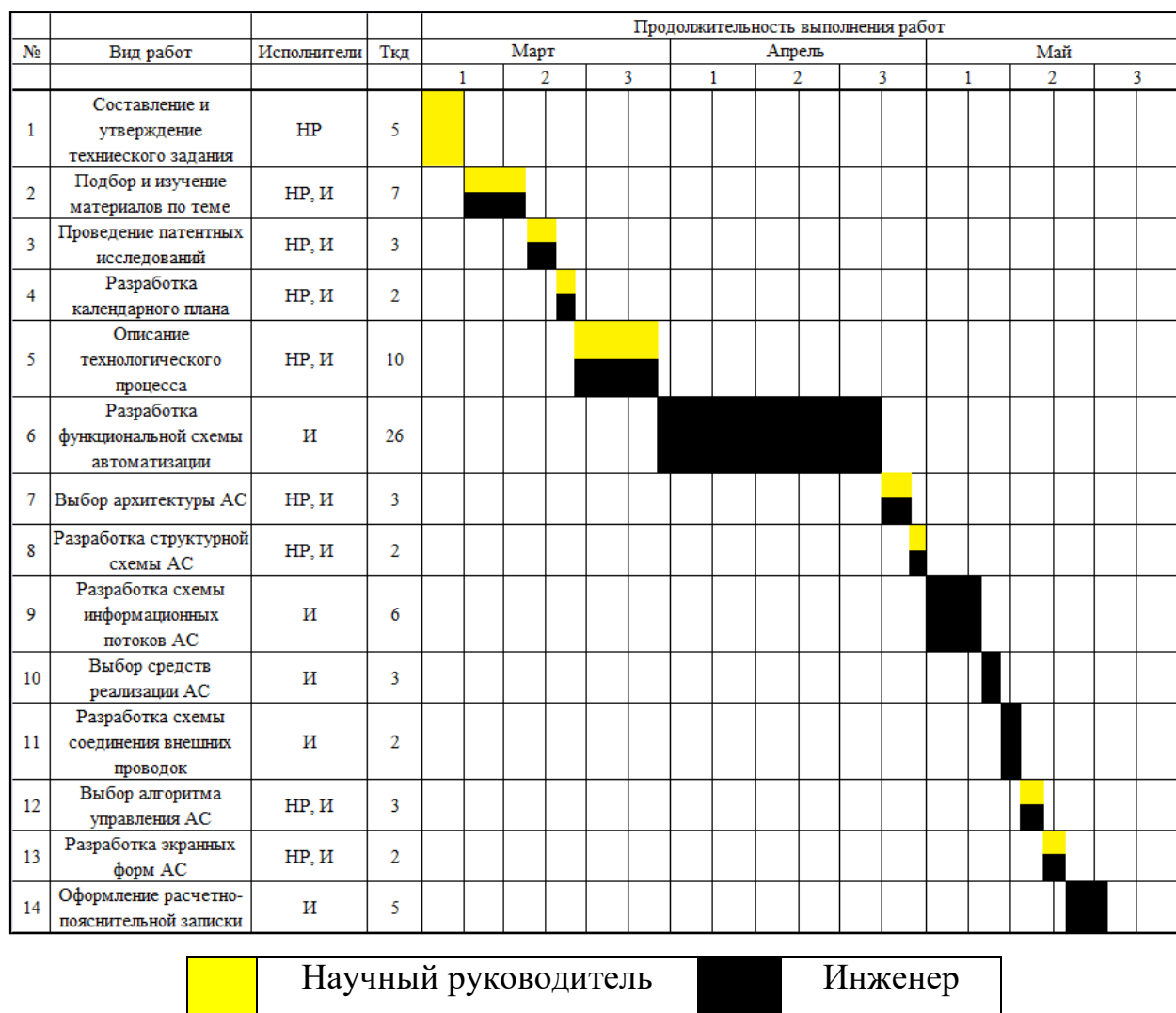


Рисунок 17 – Календарный план график проведения НИОКР

3.4 Бюджет научно-технического исследования

3.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 18 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы

на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы руб.
Контроллер Schneider Electric Modicon M238	шт.	1	174 500	218125
Датчики усилия Loadrol Lufkin	шт.	3	35 000	120750
Датчики деформации EPSI AX	шт.	2	45 900	105570
Датчики положения 103SR12-A1	шт.	2	32 500	74750
Датчик вязкости Aveni Sense DEVIL	шт.	2	86 300	198490
Расходомер Метран-350	шт.	1	47 400	54510
Датчик давления Элемер АИР-20/М2-Н	шт.	1	81 000	97200
Датчик температуры ТПК135	шт.	1	42 000	52500
Газоанализатор Оптимус ИК	шт.	1	90 000	112500
Регулирующий клапан MV54	шт.	1	176 000	220000
Электропривод ST5116	шт.	1	164 000	205000
Итого:				1459395

3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы GE Fanuc Series 90-30. В таблице 19 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц, шт	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость, руб
Master Scada	1	15000	15000
Итого:			15000

3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научного и инженерно-технического работников, непосредственно участвующих в

выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p ,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 20);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} ,$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней <ul style="list-style-type: none"> • выходные дни • праздничные дни 	111	111
Потери рабочего времени <ul style="list-style-type: none"> • отпуск • невыходы по болезни 	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	254

Расчет расходов на оплату труда берется на основе отраслевой оплаты труда в НИ ТПУ, в соответствии с должностями исполнителей, где руководитель – к.т.н. , доцент, студент (инженер) – учебный вспомогательный персонал.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 30 %

$$З_{\text{тс.р}}=33664 \text{ руб.} \quad З_{\text{тс.и}}=9489 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад руководителя:

$$З_{\text{м}}=33664*30\%=10099,2\text{руб.}$$

Месячный должностной оклад студента:

$$З_{\text{м}}=9489*30\%=2846,7\text{руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{\text{дн}}=10099,2*11,2/254=445,31\text{руб.}$$

Среднедневная заработная плата студента:

$$З_{\text{дн}} = 2846,7 \cdot 11,2 / 254 = 125,52 \text{ руб.}$$

Расчеты отображены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Тарифная заработная плата	Районный коэффициент 30%	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Заработная плата основная
Руководитель	33664	0,3	10099,2	445,31	37	16476
Студент	9489	0,3	2846,7	125,52	74	9288
Итого:						25764

3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Данные предоставлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	16476
Студент	9288
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3
Итого:	7729

3.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумму статей } 1 \div 4) * k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (2%).

$$Z_{\text{накл}} = (1459395 + 15000 + 25764 + 7729) * 0,02 = 38886,4 \text{ руб}$$

где 0,02 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета на научно-исследовательский проект приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1459395
2. Затраты на специальное оборудование	15000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	25764
4. Отчисления во внебюджетные фонды	7729
5. Накладные расходы	38886,4
6. Бюджет затрат НТИ	11532014,2

На рисунке 18 представлена диаграмма отражающая бюджет затрат НТИ



Рисунок 18 – Бюджет затрат НТИ

3.5 Определение экономической эффективности исследования

На основании проведенных исследований выявлено, что на фоне других конкурентных проектов данная разрабатываемая автоматизированная система управление станком качалкой является наиболее эффективной, так как позволяет улучшить технические характеристики: производительность, удобство эксплуатации, помехоустойчивость, надежность, уровень шума,

безопасность. Внедрение разрабатываемой АСУ ТП СКН позволяет повысить качество интеллектуального интерфейса, тем самым повышая конкурентоспособность.

Планирование научно исследовательских работ позволило наглядно продемонстрировать все этапы работ и сроки, а также распределить нагрузку между исполнителями.

Расчет бюджета затрат научно исследовательских работ позволил определить объем вложенных (необходимых) инвестиций.

Проведенный технико-экономический анализ свидетельствует о том, что разработанная АСУ ТП СКН позволит значительно снизить затраты на обслуживание и эксплуатацию.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8ТЗ1	Романовой Екатерине Вадимовне

Школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Датчики	Датчики выбраны для агрессивных сред, со взрывозащищенным корпусом и искробезопасными цепями. Также в системе подобраны интеллектуальные датчики с самодиагностикой.
2. Контроллер	Вид взрывозащиты – искробезопасная электрическая цепь (уровень ia). Каждый канал ввода/вывода – активный барьер взрывозащиты, с индивидуальной гальванической развязкой.
3. Обеспечение отказоустойчивости системы	Работоспособность контроллера подтверждается сигналом “Работа”, который передается на вход сторожевого таймер. Для защиты данных от ошибок помимо самодиагностики датчиков проходит проверка контрольной суммы (хэшсуммы).
4. Интерфейс	Данный интерфейс прост для оператора. Не дает возможности изменять или менять информацию показаний с датчиков.

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8ТЗ1	Романова Екатерина Вадимовна		

4 Социальная ответственность

В данной работе рассматривается автоматизация системы управления станок-качалка-насос. В этом разделе рассмотрены и представлены основные факторы, влияющие на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Разработан комплекс мероприятий, уменьшающий негативное воздействие на работников и окружающую среду.

Задачей ВКР было разработка такой автоматизированной системы управления станком-качалкой, что бы было возможно осуществлять технологические процессы без непосредственного или минимального участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала будет ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

4.1 Датчики

Входе ВКР необходимо было подобрать такие средства измерения которые должны передавать информацию, при помощи стандартных сигналов входящих в диапазон 4-20 мА. Датчики, используемые в системе, должны удовлетворять требованиям использования с агрессивными средами. При выборе датчиков рекомендуется отдавать приоритет оборудованию, оснащённому искробезопасными цепями. При получении информации с датчиков, которые находятся во взрывоопасной среде, возможно и необходимо использование как модулей оснащённых искробезопасными входными цепями, так и внешних барьеров искробезопасности, размещаемых в отдельном конструктиве.

На рисунке 19 представлена блок-схема проверок на обрыв и короткое замыкание.

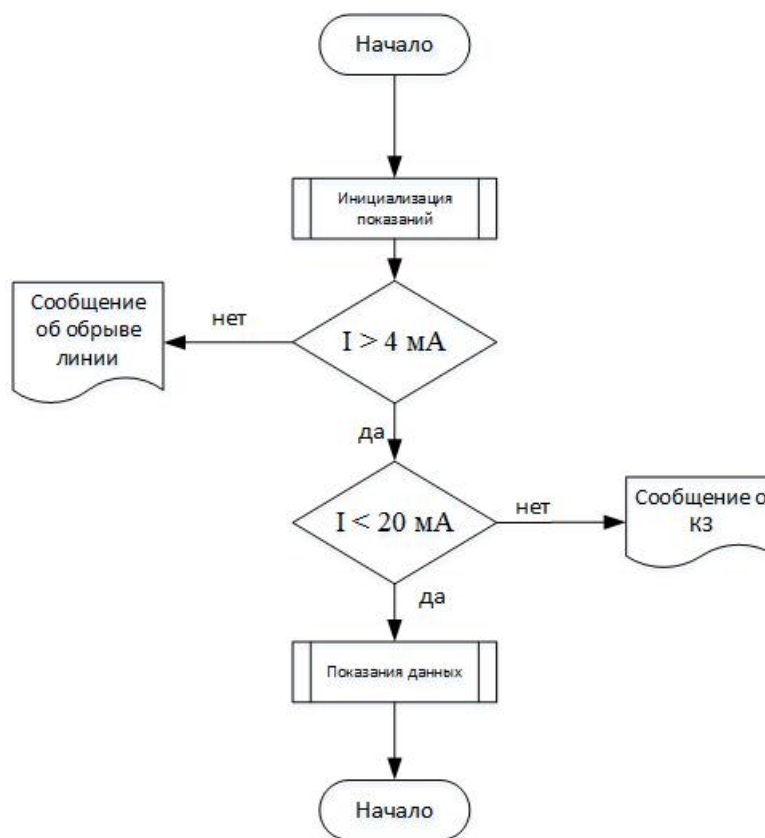


Рисунок 19 – Блок-схема проверок на обрыв и короткое замыкание

При обрыве линии или коротком замыкании в системе у оператора появляются сообщения об ошибках, данные недостоверны. В этом случае включаются резервные датчики, если же общая линия повреждена таким образом, что резервные датчики выдают ошибки, то включается световое и звуковое оповещение «Авария», оператор должен дать указание дежурному слесарю КИПиА проверить оборудование по месту. Система автоматически переходит в режим аварийного останова.

4.1.1 Датчик усилия

В качестве датчика усилия выберем датчик типа «Loadtrol» фирмы «Lufkin» (США). Датчик Loadtrol представляет собой стальной полый цилиндр, на наружную поверхность которого наклеены тензорезисторы. Для монтажа такого датчика на шток требуется полная разборка траверсканатной подвески, что является достаточно трудоемкой операцией. По типу чувствительных элементов датчик усилия Loadtrol

представляет собой пассивный тензометрический мост с выходным маломощным аналоговым сигналом напряжением до 10 мВ. Естественно, что столь слабый сигнал подвержен воздействию помех от мощных электродвигателей, преобразователей частоты, пускателей, и для повышения помехозащищенности при передаче сигнала по длинному кабелю требуется применение специальных мер. Кроме того, показания датчика подвержены воздействию параметров самого кабеля: его длины, абсолютного сопротивления и температурного изменения сопротивлений жил кабеля. Полная погрешность таких датчиков во всем температурном диапазоне может достигать 5%.

4.1.2 Датчик деформации

Датчики EPSI AX предназначены для измерения продольной деформации различных конструкций под статической или динамической нагрузкой. Наличие в датчиках EPSI AX-V встроенного измерительного преобразователя позволяет иметь на выходе нормированный сигнал. Монтаж осуществляется с помощью винтов в предварительно подготовленные резьбовые. Датчики имеют специальный интерфейс для подключения к устройству Epsilog VX для "тонкой" настройки характеристик.

4.1.3 Датчик положения

В качестве датчика положения, устанавливаемого на редуктор станка-качалки, выбрали датчик 103SR12-A1 (HONEY) компании Honeywell, работающий на эффекте Холла.

Датчик положения крепится при помощи кронштейна на редуктор установки ШГН и срабатывает при прохождении мимо него двух магнитов. Монтируется датчик положения таким образом, чтобы магниты проходили мимо датчика Холла в моменты, когда шток установки ШГН находится в крайних нижнем и (или) верхнем положениях.

4.1.4 Датчик вязкости

В качестве датчика вязкости выберем датчик Aveni Sense DEVIL, который предназначен для масел и чистой нефти и обладает крепостью и широким диапазоном измерения вязкости. Это единственный встроенный датчик для непрерывного измерения плотности, динамической и кинематической вязкости.

DEVIL Преимущества датчика вязкости DEVIL:

- Высокие характеристики при малых размерах
- Технологии MesoScale and Selfbalancit. Конструкция MesoScale® используется для снижения внутреннего объема чувствительного элемента до менее, чем 1 куб./см, обеспечивая свободный и легко очищаемый путь для протока жидкости. Технология Selfbalancit® позволяет делать измерения в соответствии с требованиями ASTM.

Надежное решение для взрывоопасных сред. Прочная конструкция и простота использования являются ключевыми элементами для обеспечения стабильных метрологических характеристик. DEVIL® изготавливается из коррозионностойких материалов и имеет сертифицированное искробезопасное исполнение.

4.2 Контроллер

Modicon M238 – контроллер, систем ввода/вывода и специальных модулей, разработанных для решения многочисленных промышленных задач. Данный котроллер исполнен в компактном корпусе (160*120*90 мм), на котором располагаются съемные клеммы входов/выходов, индикаторы состояния контроллера, разъем подключения модулей расширения и порты встроенных интерфейсов. Schneider Electric Modicon M238 содержит двадцать четыре канала дискретного ввода/вывода. Из четырнадцати каналов восемь – быстродействующие и предназначены для выполнения функций быстрого счета с частой до 100 кГц. Из десяти каналов вывода

четыре – быстродействующие и предназначены для выполнения функций рефлексного выхода быстрого счетчика, а так же выполнения функций РТО и ШИМ.

4.3 Обеспечение отказоустойчивости системы

Работоспособность контроллера подтверждается сигналом “Работа”, который передается на вход сторожевого таймера. В случае выхода из строя контроллера UCP1 (“зависания”), сигнал “Работа” переходит в статический режим, в этой ситуации сторожевой таймер формирует команду на включение блока экстренного останова.

Контроль работоспособности блоков связи с объектом осуществляет блок управления устройства UCP1. Критерием исправности блока связи является наличие связи с ним по каналу PROFIBUS-DP и отсутствие сообщений об ошибках, в принятых от него, диагностических сообщениях. Сообщения об отказах передаются оператору, который принимает решение о возможности продолжения работы или останове блока сепарации.

Если решение от оператора не поступает в течение 10 минут, система формирует команду на включение блока экстренного останова.

Также для защиты данных от ошибок помимо самодиагностики датчиков проходит проверка контрольной суммы (хэшсуммы).

Хеш-сумма (контрольная сумма) – это массив байт фиксированный длинный полученный при помощи специальных хеш-функций, являющийся уникальным для входящих данных. Как правило, хеш-суммы возвращаются в шестнадцатеричном виде, где каждые два символа представляют собой один байт данных.

Хеш-суммы удобно использовать для проверки целостности и/или достоверности данных, т.к. если данные будут отличаться от своего первоначального вида, то хеш-сумма также будет отличаться.

В системе используется алгоритм MD5. Алгоритм генерирует 128-битный ключ, что составляет 16 байт данных.

Также для повышения надежности необходимо резервировать датчики (рисунок 20).

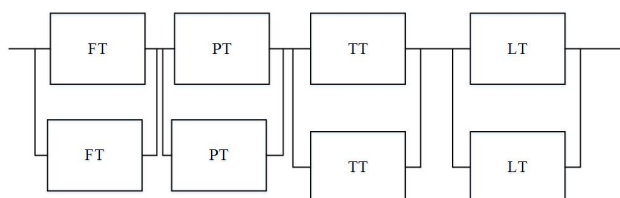


Рисунок 20 – Резервирование датчиков

4.4 Интерфейс

На рисунке 21 приведена часть мнемосхемы выполненная в SimpLight Scada.

Данный интерфейс прост для оператора. Не дает возможности изменять или менять информацию показаний с датчиков. Доступ у оператора лишь на просмотр данных, также есть возможность пуска/останова системы. Включение/отключение насоса.

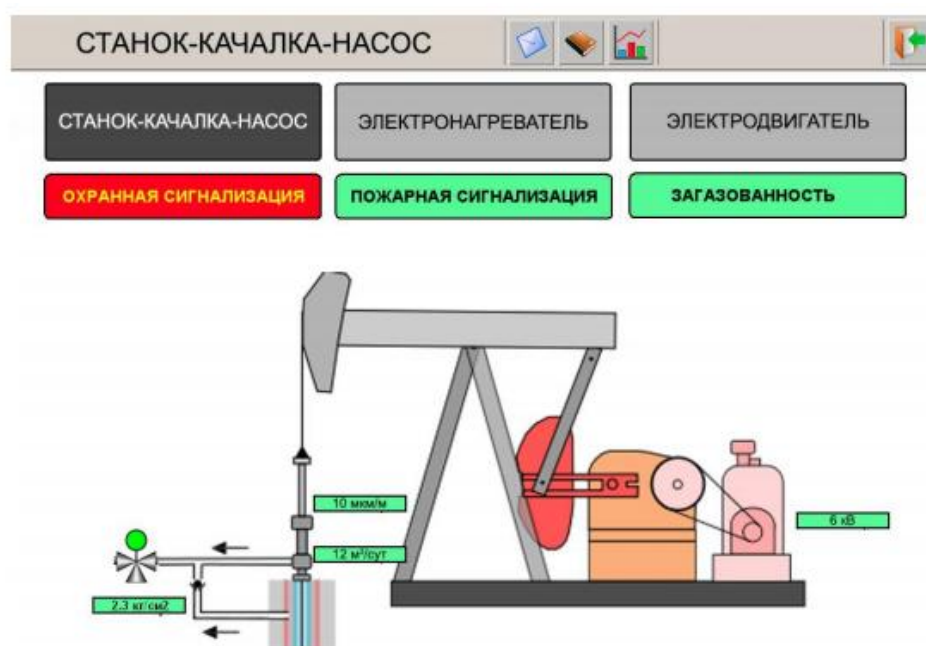


Рисунок 21 – Мнемосхема

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработаны технические решения для автоматизированной системы станок-качалка-насос. В ходе выполнения работы подобрано современное оборудования, которое имеет хороший срок службы и необходимую точность измерения, а именно полевые датчики, модульный контроллер Schneider Electric Modicon M238 , для управления давлением в трубопроводе используются клапаны с электроприводами. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система MasterSCADA.

Во время разработки проекта изучен технологический процесс работы станка-качалки-насоса. Для безопасной работы и защиты системы в помещение используется высокоточный газоанализатор, поэтому в случае аварийной утечки система быстро перекроет подачу нефти с помощью клапанов с электроприводами.

Так же в ходе выполнения данной работы разработаны функциональная и структурная схемы автоматизации СКН, с помощью которых подобрано правильное оборудования. Была построена схема внешних проводок, которая позволяет четко разобраться в системе передачи сигналов оператору АСУ на щит КИПиА, который в случае обнаружения неисправности работы системы, сможет их устранить. Рассмотрены два алгоритма: алгоритм сбора данных измерений, а именно показаний вязкости нефти и алгоритм автоматического регулирования температуры в печи. Спроектирована мнемосхема и дерево экранных форм.

Итогом данной работы служат готовые решения удовлетворяющие требованиям поставленных задач.

Список используемых источников

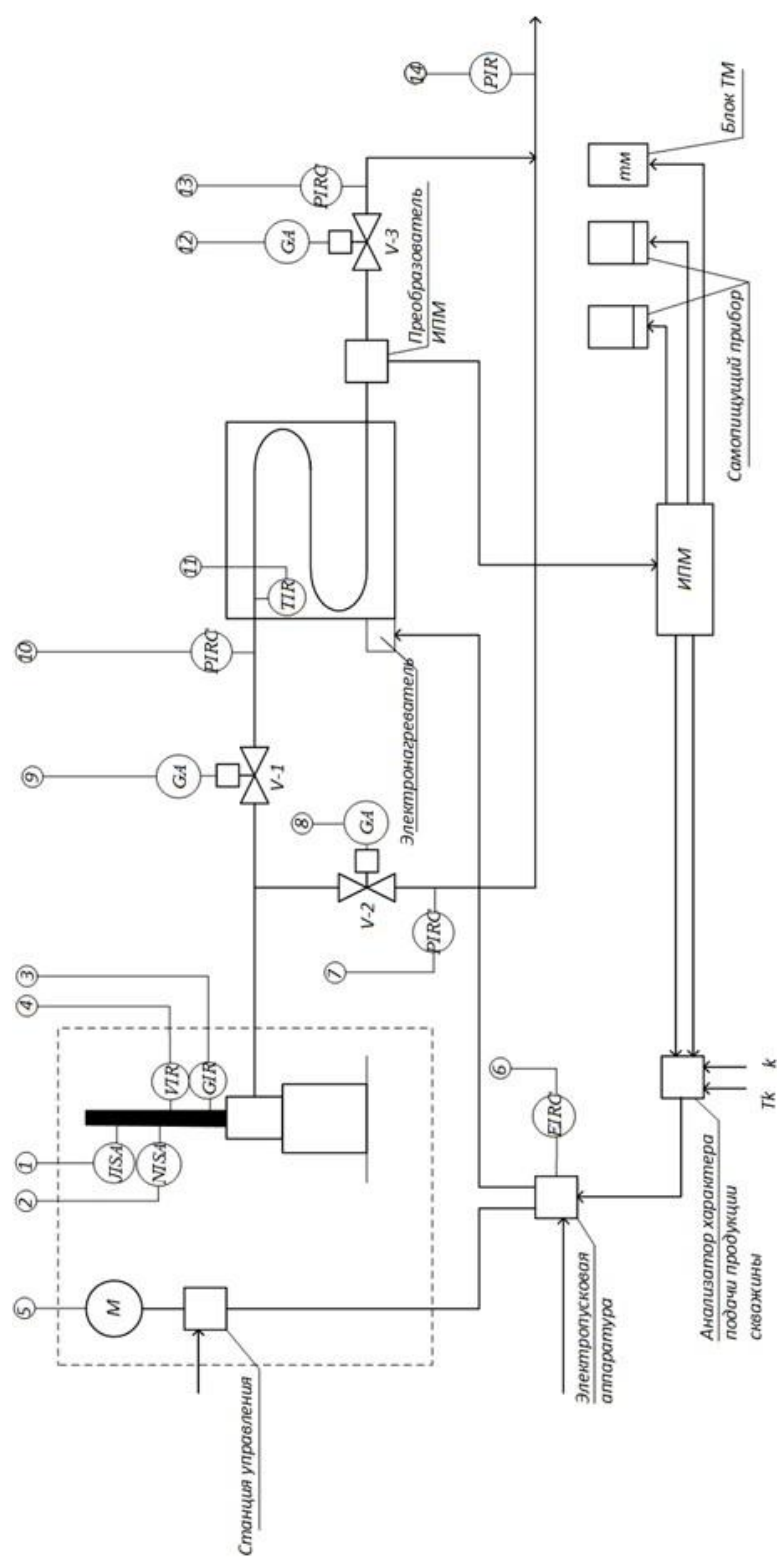
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. — 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.— 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». — 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. — 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. — К.: Вищащк. Головное изд-во, 1986. — 311с.
8. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
9. СН 2.2.4/2.1.8.562 — 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
10. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 — 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно- вычислительным машинам и организации работы». — М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
11. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита

окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

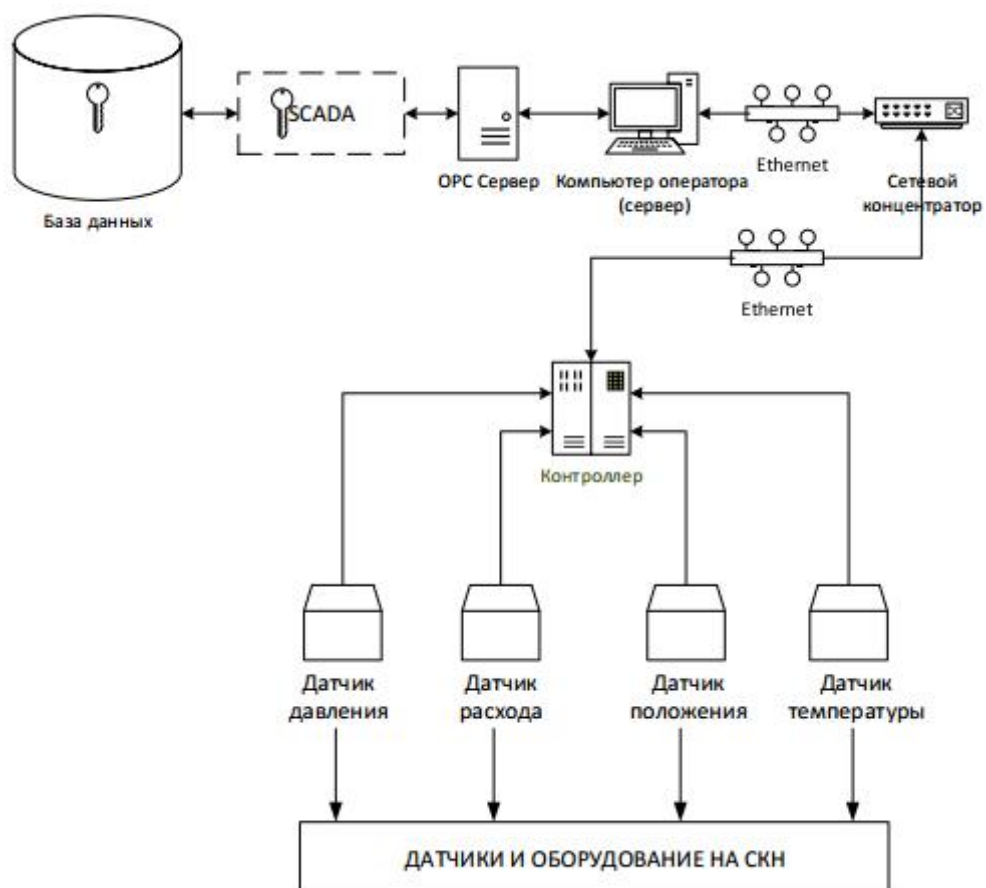
12. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

13. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

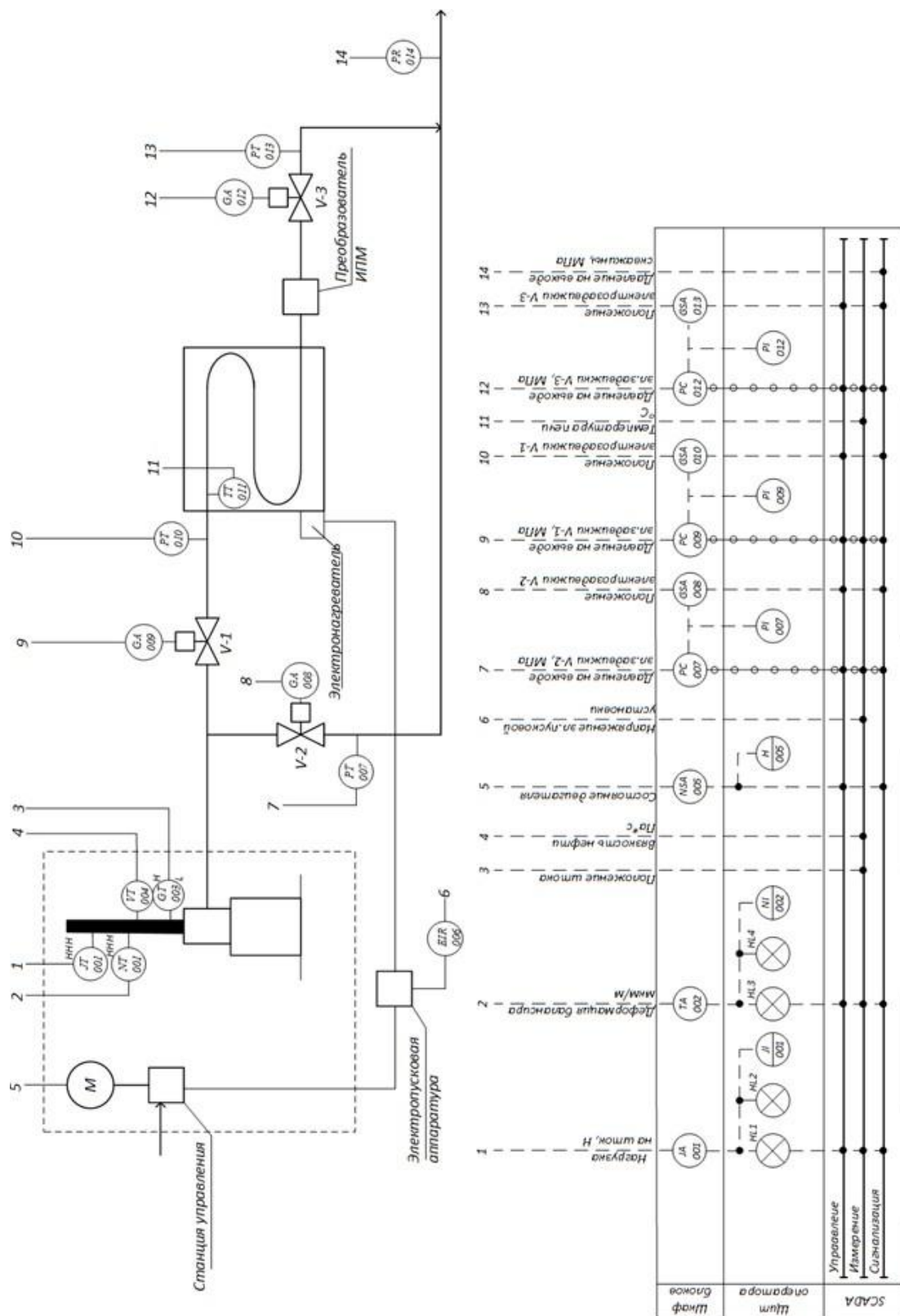
Приложение А



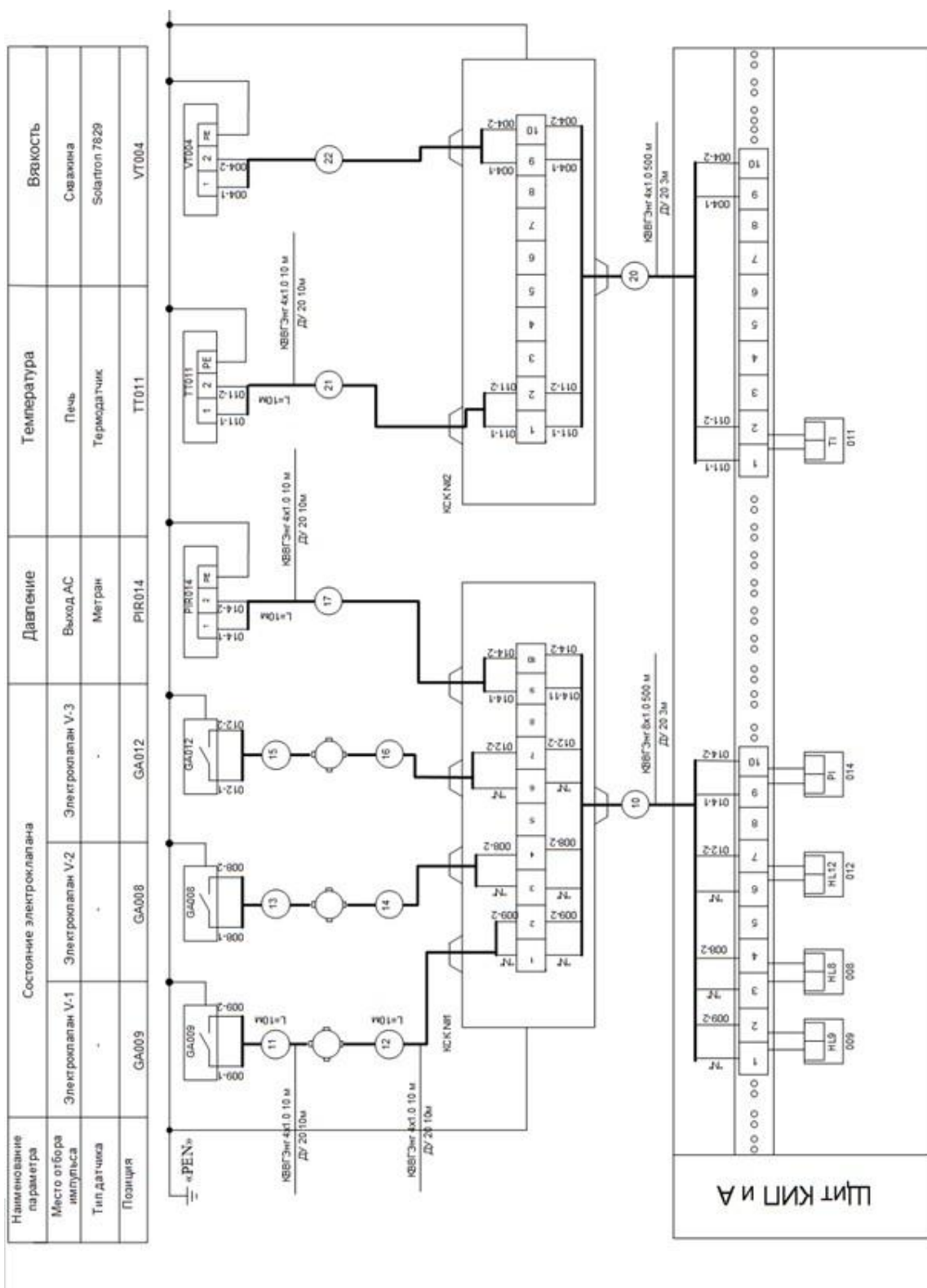
Приложение Б



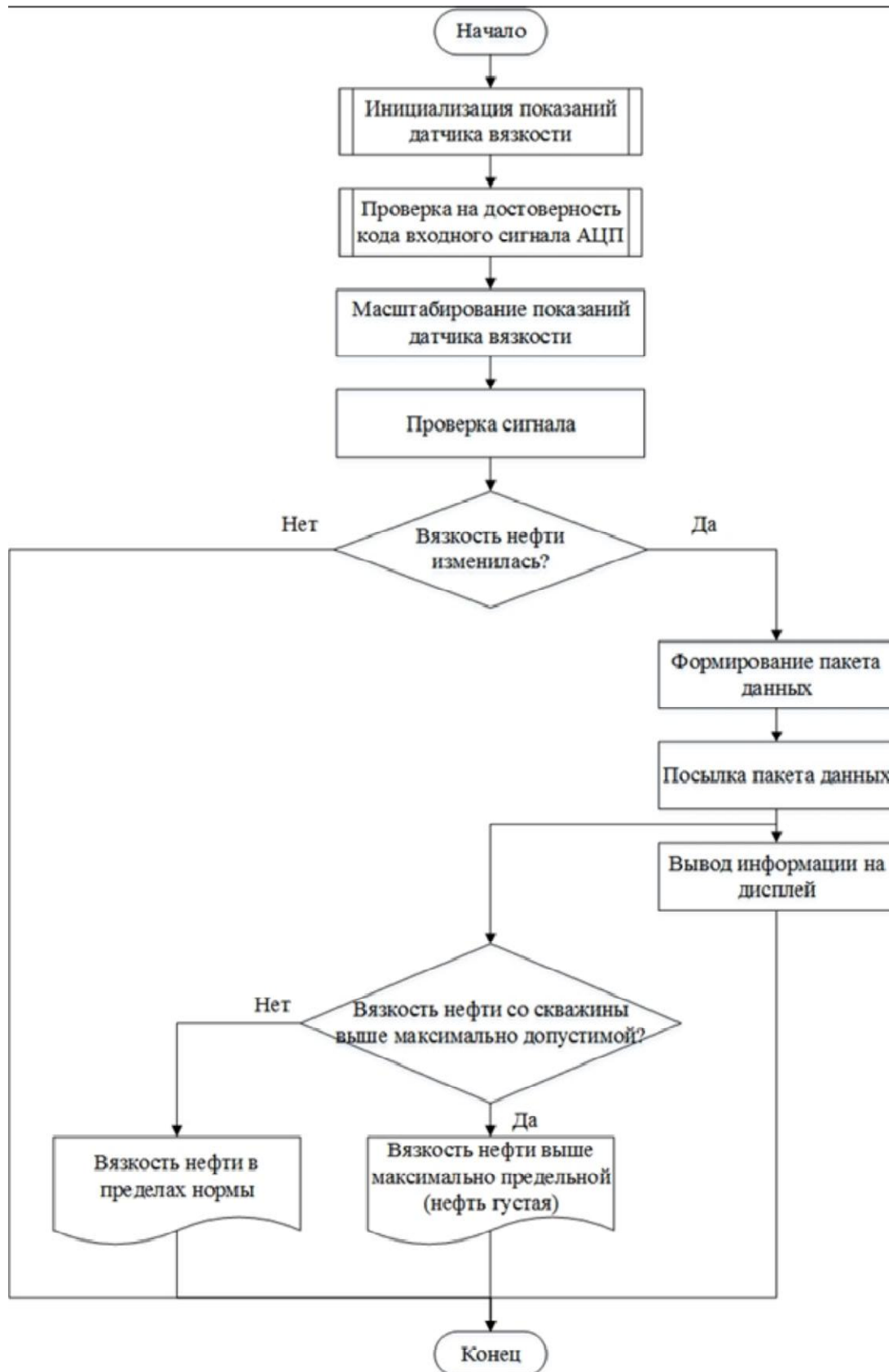
Приложение В



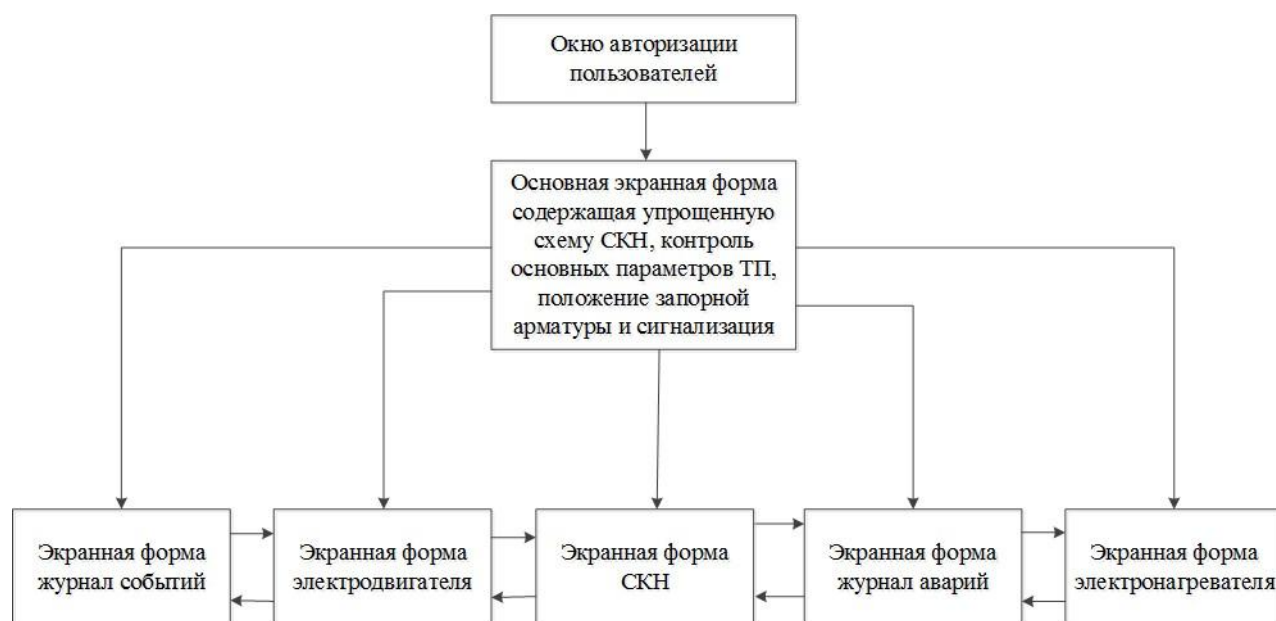
Приложение Г



Приложение Д



Приложение Е



Приложение Ж

